

Docket No.: P2001,0520

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By: 

Date: February 13, 2004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/762,097
Applicant : Berthold Hahn, et al.
Filed : January 20, 2004
Title : Method for Fabricating a Light-Emitting Device Based on a Gallium Nitride-Based Compound Semiconductor, and Light-Emitting Device Based on a Gallium Nitride-Based Compound Semiconductor
Docket No. : P2001,0520
Customer No.: 24131

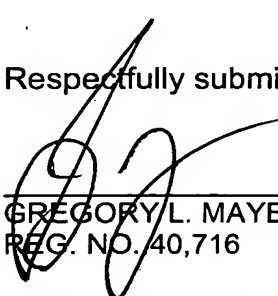
CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop: Missing Parts
Hon. Commissioner for Patents,
Alexandria, VA 22313-1450
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 35 189.5 filed July 19, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,



GREGORY L. MAYBACK
REG. NO. 40,716

Date: February 13, 2004

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 35 189.5

Anmeldetag: 19. Juli 2001

Anmelder/Inhaber: OSRAM Opto Semiconductors GmbH,
93049 Regensburg/DE

(vormals: Osram Opto Semiconductors
GmbH & Co OHG)

Bezeichnung: Lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines
Galliumnitridbasierten Verbindungshalbleiters und
Verfahren zu deren Herstellung

IPC: H 01 L, H 01 S

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 19. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

Beschreibung

Lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters und Verfahren zu deren Herstellung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 9.

Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis - dies sind III-V-Verbindungshalbleiter die unter anderem Ga und N enthalten, wie zum Beispiel Galliumnitrid (GaN), Galliumaluminiumnitrid (GaAlN), Indiumgalliumnitrid (InGaN) und Indiumaluminiumgalliumnitrid (InAlGaN) - haben eine direkte Bandlücke im Bereich von 1,95 bis 6 eV und eignen sich deshalb gut für lichtemittierende Vorrichtungen, wie zum Beispiel Leuchtdioden oder Laserdioden.

Eine lichtemittierende Vorrichtung auf der Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters liegt im Sinne der vorliegenden Erfindung bereits vor, wenn eine lichtemittierende Struktur der Vorrichtung mindestens eine Schicht aus einem Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis enthält.

Es wurde festgestellt, dass beispielsweise mit einer aktiven, d.h. lichtemittierenden Schicht in Form eines oder mehrerer sogenannter Quantenfilme aus InGaN Leuchtdioden herstellbar sind, die im grünen (500nm), blauen (450 nm) oder violetten Spektralbereich (405 nm) in einem relativ engen Wellenlängenbereich (d.h. einer relativ kleinen FWHM) mit einer sehr hohen Lumineszenzausbeute abstrahlen. Derartige Leuchtdioden werden beispielsweise durch metallorganische chemische Abscheidung (MOCVD) einer GaN-Pufferschicht, einer mit Silizium

dotierten GaN-Schicht, einer mit Silizium dotierten AlGaN-Schicht, einer ersten Überzugsschicht aus mit Silizium dotiertem InGaN, der aktiven, beispielsweise undotierten InGaN-Schicht, einer zweiten Überzugsschicht aus mit Magnesium dotiertem AlGaN und einer mit Magnesium dotierten GaN-Schicht aufgebaut. Für blaue Leuchtdioden wird als aktive Schicht beispielsweise $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{N}$ und für violette Leuchtdioden wird als aktive Schicht beispielsweise $\text{In}_{0,09}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$ gewählt. Eine solche lichtemittierende Vorrichtung ist zum Beispiel in S. Nakamura et al.: „High-Power InGaN Single-Quantum-Well-Structure Blue and Violet Light-Emitting Diodes“, Appl. Phys. Lett. 67 (1995), Seiten 1868-1870 beschrieben.

Weiter ist aus der EP 0 599 224 B1 eine lichtemittierende Vorrichtung bekannt, auf welcher der Oberbegriff von Patentanspruch 1 basiert. Diese lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters weist eine Doppel-Heterostruktur auf, mit

- einer lichtemittierenden Schicht mit einer ersten und einer zweiten Hauptfläche, die aus einem $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < x < 1$ gebildet ist;
- einer ersten Überzugsschicht, die mit der ersten Hauptfläche der lichtemittierenden Schicht verbunden und aus einem n-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist, dessen Zusammensetzung sich von derjenigen des Verbindungshalbleiters der lichtemittierenden Schicht unterscheidet; und
- einer zweiten Überzugsschicht, die mit der zweiten Hauptfläche der lichtemittierenden Schicht verbunden und aus einem p-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist, dessen Zusammensetzung sich von derjenigen des Verbindungshalbleiters der lichtemittierenden Schicht unterscheidet. Zur Verbesserung der Leuchtdichte bzw. der Lichtemissions-Ausgangsleistung ist die lichtemittierende Schicht mit einem p-Typ-Fremdstoff und/oder einem n-Typ-Fremdstoff dotiert.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters zu entwickeln, die eine weiter verbesserte Lumineszenzausbeute aufweist. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung derart verbesserter lichtemittierender Vorrichtungen bereitzustellen.


- 5
10 Diese Aufgaben werden durch eine lichtemittierende Vorrichtung mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 bzw. durch ein Verfahren zur Herstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung mit den Merkmalen von Patentanspruch 11 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind
15 Gegenstand der Unteransprüche 2-10 und 12-22.

Die lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine lichtemittierende Schicht mit einer ersten und einer zweiten Hauptfläche, die aus einem Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist; eine erste Überzugsschicht, die mit der ersten Hauptfläche der lichtemittierenden Schicht verbunden und aus einem n-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist; und
20 eine zweite Überzugsschicht, die mit der zweiten Hauptfläche der lichtemittierenden Schicht verbunden und aus einem p-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist, auf, wobei sich die Zusammensetzung des Verbindungshalbleiters der lichtemittierenden Schicht von denjenigen der Verbindungshalbleiter der ersten und der zweiten Überzugsschicht unterscheidet. Die lichtemittierende Schicht und die erste und die zweite Überzugsschicht werden nacheinander, vorzugsweise mittels eines MOCVD-Verfahrens auf einem Substrat ausgebildet. Die lichtemittierende Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Dicke der lichtemittierenden Schicht in der Nähe von Versetzungen
25
30
35 geringer als im übrigen Bereich ist.

Insbesondere auf Fremdsubstraten wie Saphir oder Siliziumcarbid (SiC) weisen die bekannten Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis eine sehr hohe Versetzungsdichte auf. Im Gegensatz zu Verbindungshalbleitern auf Galliumphosphid- und Galliumarsenid-Basis zeichnen sich die Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis aber dennoch durch eine hohe Lichtausbeute aus. Durch die Verringerung der Dicke der lichtemittierenden Schicht in der Nähe von Versetzungen werden bei den Versetzungen abschirmende Energiebarrieren aufgebaut, die eine Diffusion von Ladungsträgern zu den Versetzungen hin unterbinden und damit eine mögliche nichtstrahlende Rekombination von Elektron-Loch-Paaren an diesen Versetzungen verhindern (Passivierung der Versetzungen). Auch wenn zum Teil vermutet wird, dass die vorhandenen Versetzungen im Falle von Verbindungshalbleitern auf Galliumnitridbasis anders als bei den Verbindungshalbleitern auf Galliumphosphid- oder Galliumarsenid-Basis nicht als nichtstrahlende Rekombinationszentren dienen und deshalb die Dichte der Versetzungen keine wesentlichen Auswirkungen auf die Lichtausbeute derart aufgebauter lichtemittierender Vorrichtungen hat (S.D. Lester et al.: „High Dislocation Densities in High Efficiency GaN-Based Light-Emitting Diodes“, Appl. Phys. Lett. 66 (1995), Seiten 1249-1251 und T. Mukai et al.: „InGaN-Based Blue Light-Emitting Diodes Grown on Epitaxially Laterally Overgrown GaN Substrates“, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37 (1998), Seiten L839-L841), konnten bei den lichtemittierenden Vorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung höhere Lumineszenzausbeuten als bei vergleichbaren herkömmlichen lichtemittierenden Vorrichtungen festgestellt werden. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass sich die Ausbildung von abschirmenden Energiebarrieren an Versetzungen günstig auf die Lichtausbeute auswirkt, da die Rekombination von Ladungsträgern in höherem Maße in Bereichen geringerer Bandlücken, d.h. in optisch aktiven Bereichen stattfinden.

Vorzugsweise beträgt die Dicke der lichtemittierenden Schicht in der Nähe von Versetzungen weniger als die Hälfte der Dicke der lichtemittierenden Schicht im übrigen Bereich.

- 5 In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die lichtemittierende Schicht aus einem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ gebildet. Die Erfindung ist dabei insbesondere auch für In-freie lichtemittierende Vorrichtungen, d.h. für $x = 0$, vorteilhaft
10 anwendbar.



Weiter kann die lichtemittierende Schicht mit einem p-Typ-Fremdstoff und/oder einem n-Typ-Fremdstoff dotiert sein.

- 15 Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher beschrieben. Darin zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Grundstruktur eines Ausführungsbeispiels einer lichtemittierenden Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung; und
20




Fig. 2 in schematischer Darstellung einen vergrößerten Ausschnitt der lichtemittierenden Vorrichtung von Fig. 1 mit dem zugehörigen Energieverlauf der Bandlücke.

Die in Fig. 1 dargestellte Grundstruktur zeigt eine Leuchtdiode 1. Die Erfindung erstreckt sich aber ebenso auf Laserdioden als lichtemittierende Vorrichtungen.
30

Die Leuchtdiode 1 besitzt eine sogenannte Doppel-Heterostruktur 9, bestehend aus einer aktiven, d.h. lichtemittierenden Schicht 2, einer ersten n-leitenden Überzugsschicht 3 und einer p-leitenden zweiten Überzugsschicht 4. Die lichtemittierende Schicht 2 ist aus einem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ gebildet und er-
35

streckt sich insbesondere auch auf In-freie Leuchtdioden mit einem $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < y \leq 1$ (d.h. $x = 0$). Die erste Überzugsschicht 3 ist aus einem $\text{Ga}_u\text{Al}_{1-u}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < u \leq 1$ gebildet und die zweite Überzugsschicht 4 ist aus einem $\text{Ga}_v\text{Al}_{1-v}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < v \leq 1$ gebildet. Die Zusammensetzung des Verbindungshalbleiters unterscheidet sich sowohl in der ersten als auch in der zweiten Überzugsschicht 3, 4 von derjenigen des Verbindungshalbleiters in der lichtemittierenden Schicht 2; die Zusammensetzungen der Verbindungshalbleiter in den beiden Überzugsschichten 3 und 4 können dabei einander gleich oder verschieden sein.

Die Leuchtdiode 1 emittiert ultraviolettes Licht, wenn x nahe 0 ist, bis hin zu längerwelligem roten Licht, wenn x nahe 1 ist. Im Bereich $0 < x < 0,5$ emittiert die Leuchtdiode 1 blaues bis gelbes Licht im Wellenlängenbereich von etwa 450 bis 550 nm.

Neben der Dotierung der ersten und der zweiten Überzugsschicht 3 und 4 mit n-Typ- bzw. p-Typ-Fremdstoffen kann zur Verbesserung der Lumineszenzausbeute der Leuchtdiode auch die lichtemittierende Schicht 2 mit n-Typ-Fremdstoffen und/oder p-Typ-Fremdstoffen dotiert sein. Als p-Typ-Fremdstoff sind beispielsweise Beryllium, Magnesium, Kalzium, Zink, Strontium und Cadmium der II. Hauptgruppe des Periodensystems verwendbar, wobei für die lichtemittierende Schicht 2 Zink oder insbesondere Magnesium zu bevorzugen ist. Als n-Typ-Fremdstoff können zum Beispiel Silizium, Germanium und Zinn der IV. Hauptgruppe des Periodensystems oder Schwefel, Selen und Tellur der VI. Hauptgruppe des Periodensystems eingesetzt werden.

Die erste, n-leitende Überzugsschicht 3 hat eine Schichtdicke von etwa 0,05 bis 10 μm und die zweite, p-leitende Überzugsschicht 4 eine Schichtdicke von etwa 0,05 μm bis 1,5 μm . Die

Schichtdicke der lichtemittierenden Schicht 2 liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 10 Å bis 0,5 µm.

Wie in Fig. 1 dargestellt ist die Doppel-Heterostruktur 9 üblicherweise über einer Pufferschicht 6 auf einem Substrat 5 ausgebildet. Als Substrat 6 kann beispielsweise Saphir, Siliziumcarbid (SiC) oder Zinkoxid (ZnO) verwendet werden. Für die Pufferschicht 6 mit einer Schichtdicke von etwa 0,002 bis 0,5 µm wird zum Beispiel AlN, GaN oder $Ga_mAl_{1-m}N$ mit $0 < m < 1$ benutzt.

Sowohl die Pufferschicht 6, als auch die erste und die zweite Überzugsschicht 3 und 4 sowie die lichtemittierende Schicht 2 werden vorzugsweise nacheinander mittels metallorganischer chemischer Abscheidung (MOCVD) auf das Substrat 5 aufgebracht. Nach Bildung der Doppel-Heterostruktur 9, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, werden die zweite Überzugsschicht 4 und die lichtemittierende Schicht 2 teilweise weggeätzt, um die erste Überzugsschicht 3 freizulegen, wie dies in der rechten Hälfte der Leuchtdiode 1 von Fig. 1 zu sehen ist. Auf der freigelegten Oberfläche der ersten Überzugsschicht 3 wird eine n-Elektrode 7 gebildet, während auf der Oberfläche der zweiten Überzugsschicht 4 eine p-Elektrode 8 gebildet wird.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich die vorliegende Erfindung nicht nur auf lichtemittierende Vorrichtung mit einem anhand von Fig. 1 beschriebenen Schichtaufbau erstrecken. Es sind insbesondere auch lichtemittierende Vorrichtungen von der Erfindung erfasst, die weitere Verbindungshalbleiter-Schichten zwischen der Pufferschicht 6 und der ersten Überzugsschicht 3 und/oder über der zweiten Überzugsschicht 4 aufweisen können, um die Verspannungen zwischen den einzelnen Übergängen unterschiedlicher Verbindungshalbleiter zu verringern.

Während der oben anhand von Fig. 1 beschriebene Aufbau einer lichtemittierenden Vorrichtung 1 dem Grunde nach bereits be-

kannt ist, zeichnet sich die lichtemittierende Vorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Erfindung durch eine Besonderheit aus, die in dem vergrößerten Ausschnitt von Fig. 2 veranschaulicht ist.

5

Wie bereits oben erwähnt, weisen die lichtemittierenden Vorrichtungen auf Basis von Galliumnitrid-basierten Verbindungs-
halbleitern sehr hohe Versetzungsdichten auf. Derartige Ver-
setzungen entstehen insbesondere aufgrund der unterschiedli-
10 chen Gitterkonstanten der einzelnen Schichten 2 bis 6 der
Vorrichtungen. In Fig. 2 ist beispielhaft eine Versetzung 10
durch eine etwa vertikal verlaufende, gestrichelte Linie dar-
gestellt, die sich durch die beiden Überzugsschichten 3 und 4
und die lichtemittierende Schicht 2 erstreckt.

15

Wie deutlich in Fig. 2 dargestellt, ist die Dicke der licht-
emittierenden Schicht 2 in der Nähe dieser Versetzung 10
deutlich geringer als im übrigen Bereich der lichtemittieren-
den Schicht. Vorzugsweise beträgt die Dicke in der Nähe der
20 Versetzung 10 weniger als die Hälfte der Dicke der lichtemit-
tierenden Schicht 2 im übrigen Bereich. In dem in Fig. 2 ge-
zeigten Beispiel ist eine Schichtdicke der lichtemittierenden
Schicht 2 von etwa 3 nm gewählt, und die Schichtdicke ist in
der Nähe der Versetzung 10 auf bis zu 1 nm verringert.

25

Aufgrund des starken piezoelektrischen Feldes in der Doppel-
Heterostruktur 9, das insbesondere durch die Wurtzit-Struktur
der Gruppe-III-Nitride und die stark polare Natur der
Ga/In/Al-Stickstoff-Bindung bedingt ist, ergibt sich eine
30 starke Abhängigkeit der effektiven Bandlücke von der Dicke
der lichtemittierenden Schicht 2. Dieser Energieverlauf der
Bandlücke über dem Ort ist schematisch in Fig. 2 über dem
Aufbau der Doppel-Heterostruktur 9 dargestellt. In dem hier
dargestellten Beispiel wird bei einer Emissionswellenlänge
35 von 420 nm in der lichtemittierenden Schicht aus $\text{In}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$
durch die Vergrößerung der effektiven Bandlücke um 250 meV

eine entsprechende Energiebarriere aufgebaut, welche die Versetzung abschirmt.

Die so aufgebaute Energiebarriere verhindert, dass Ladungsträger in die Nähe der Versetzung diffundieren, wodurch wirksam eine nichtstrahlenden Rekombination von Elektron-Loch-Paaren an Versetzungen unterbunden werden kann. Die Ladungsträger werden so gezwungen, in anderen Bereichen der lichtemittierenden Schicht zu rekombinieren, bevorzugt in den Bereichen mit den kleinsten Bandlücken. Die Diffusion von Ladungsträgern wird selbst bei Temperaturen oberhalb Raumtemperatur noch effektiv ausgeschaltet.

Zur Erzielung der obigen Energiebarriere wird bei der Bildung der Doppel-Heterostruktur 9 auf dem Substrat 5 bzw. der Pufferschicht 6 das Wachstum der lichtemittierenden Schicht 2 gezielt gesteuert. Durch Modifikation der Wachstumsbedingungen, wie Wachstumstemperatur, V/III-Verhältnis, V/V-Verhältnis, Wachstumsrate, Trägergaszusammensetzung, Zugabe von Surfactants unterschiedlicher Art (z.B. In, Si) und dergleichen führen Versetzungen 10, die sich aus einem unter der lichtemittierenden Schicht 2 liegenden Schichtpaket 3, 6 in den Bereich der lichtemittierenden Schicht 2 fortsetzen, zu Wachstumsänderungen in der Umgebung solcher Versetzungen 10. Diese Wachstumsänderungen erkennt man beispielsweise an sogenannten V-Defekten, die ein klares Indiz für reduzierte Wachstumsraten an der Stelle des Defekts sind. Diese reduzierten Wachstumsraten führen in der Nähe der Versetzung 10 lokal zu verringerten Schichtdicken der lichtemittierenden Schicht 2, wie sie oben beschrieben worden sind.

Da sich durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters eine lichtemittierende Vorrichtung mit verbesserter Lumineszenzausbeute erzielen lässt, können gemäß der vorliegenden Erfindung auch In-

freie Vorrichtungen mit zufriedenstellender Lumineszenzausbeute hergestellt werden.

Bisherige Untersuchungen haben ergeben, dass In-freie Leuchtdioden erheblich geringere Lumineszenzausbeuten aufweisen als In-haltige Leuchtdioden. Als Ursachen hierfür sind sowohl geringere piezoelektrische Felder als auch andere Wachstumsmechanismen möglich. Hierbei ist zu beachten, dass eine lichtemittierende Schicht 2 aus InGaN üblicherweise bei 700-800 °C hergestellt wird, während für lichtemittierende Schichten 2 aus GaN und AlGaN Temperaturen über 1000 °C erforderlich sind. Werden bei In-freien Leuchtdioden gezielt Verspannungen und piezoelektrische Felder eingebaut, so kann andererseits durch eine gezielte Steuerung des Wachstums im Hinblick auf eine geringere Dicke der lichtemittierenden Schichten 2 in der Nähe von Versetzungen 10 gemäß der vorliegenden Erfindung eine Leuchtdiode mit ausreichender Lumineszenzausbeute erzielt werden.

Patentansprüche

1. Lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters mit einer aktiven
5 Schicht oder Schichtenfolge, die eine Verbindungshalbleiterschicht (2) auf Galliumnitridbasis aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Dicke der Verbindungshalbleiterschicht (2) auf Galliumnitridbasis in der Nähe von Versetzungen (10) ge-
10 ringer als im übrigen Bereich ist.
2. Lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verbindungshalbleiterschicht (2) auf Galliumnitridbasis eine lichtemittierende Schicht (2) ist, die ins-
15 besondere zwischen einer ersten Überzugsschicht (3) eines ersten Leitungstyps und einer zweiten Überzugsschicht (4) eines zweiten Leitungstyps angeordnet ist.
- 20 3. Lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Überzugsschicht (3) aus einem n-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist, des-
sen Zusammensetzung sich von derjenigen des Verbindungshalbleiters der lichtemittierenden Schicht unterscheidet;
25 und
die zweite Überzugsschicht (4) aus einem p-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist, des-
sen Zusammensetzung sich von derjenigen des Verbindungshalbleiters der lichtemittierenden Schicht unterscheidet.
30
4. Lichtemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
35 dass die Dicke der Verbindungshalbleiterschicht (2) auf Galliumnitridbasis in der Nähe von Versetzungen (10) weniger als die Hälfte ihrer Dicke im übrigen Bereich beträgt.

5. Lichtemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Verbindungshalbleiterschicht (2) aus einem

5 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 \leq x \leq 1$,
 $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ gebildet ist.

6. Lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 5

dadurch gekennzeichnet,

10 dass $x = 0$ ist.

7. Lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 5

dadurch gekennzeichnet,

dass $0 < x < 0,5$ und $y = 0$ ist.

15

8. Lichtemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Verbindungshalbleiterschicht (2) mit einem p-Typ-Fremdstoff und/oder einem n-Typ-Fremdstoff dotiert ist.

20

9. Lichtemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die erste Überzugsschicht (3) aus einem $\text{Ga}_u\text{Al}_{1-u}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < u \leq 1$ gebildet ist.

25

10. Lichtemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass die zweite Überzugsschicht (4) aus einem $\text{Ga}_v\text{Al}_{1-v}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < v \leq 1$ gebildet ist.

30

11. Verfahren zur Herstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters,

dadurch gekennzeichnet,

35

dass eine Verbindungshalbleiterschicht (2) auf Galliumnitridbasis einer aktiven Schicht oder Schichtenfolge mit in der Nähe von Versetzungen (10) geringerer Dicke als im übrigen Bereich ausgebildet wird.

5

12. Verfahren nach Anspruch 11,

gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

Bilden einer ersten Überzugsschicht (3) aus einem Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis eines ersten Leitungstyps auf einem Substrat (5);

10

Bilden der Verbindungshalbleiterschicht (2) auf Galliumnitridbasis, insbesondere einer lichtemittierenden Schicht (2), über der ersten Überzugsschicht (3); und

Bilden einer zweiten Überzugsschicht (4) aus einem Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis eines zweiten Leitungstyps über der lichtemittierenden Schicht (2),

15

wobei sich die Zusammensetzung der Verbindungshalbleiterschicht (2) auf Galliumnitridbasis von derjenigen des Verbindungshalbleiters der ersten und der zweiten Überzugsschicht (3, 4) unterscheidet.

20

13. Verfahren nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Verbindungshalbleiterschicht (2) in der Nähe von Versetzungen (10) mit einer Dicke ausgebildet wird, die weniger als die Hälfte der Dicke im übrigen Bereich beträgt.

25

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

30

dadurch gekennzeichnet,

dass die Verbindungshalbleiterschicht (2) aus einem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ gebildet wird.

35

15. Verfahren nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

dass $x = 0$ ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die lichtemittierende Schicht (2) mit einem p-Typ-Fremdstoff und/oder einem n-Typ-Fremdstoff dotiert ist.

5

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Überzugsschicht (3) aus einem $\text{Ga}_u\text{Al}_{1-u}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < u \leq 1$ gebildet wird.

10

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Überzugsschicht (4) aus einem $\text{Ga}_v\text{Al}_{1-v}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 < v \leq 1$ gebildet wird.

15

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Überzugsschicht (3), die Verbindungshalbleiterschicht (2) und die zweite Überzugsschicht (4) nacheinander mittels eines MOCVD-Verfahrens auf dem Substrat (5) gebildet werden.

20

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor der Ausbildung der ersten Überzugsschicht (3) auf dem Substrat (5) eine Pufferschicht (6) gebildet wird, auf welcher anschließend die erste Überzugsschicht gebildet wird.

25

21. Verfahren nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Pufferschicht (6) aus einem $\text{Ga}_m\text{Al}_{1-m}\text{N}$ -Verbindungshalbleiter mit $0 \leq m \leq 1$ gebildet wird.

30

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,

35

dass das Substrat (5) aus einem Material gebildet ist, das ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus Saphir, Siliziumcarbid, Zinkoxid und Galliumnitrid.

Zusammenfassung

5 Lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters und Verfahren zu deren Herstellung

10 Es wird eine lichtemittierende Vorrichtung auf Basis eines Galliumnitrid-basierten Verbindungshalbleiters vorgeschlagen, mit einer lichtemittierenden Schicht (2) mit einer ersten und einer zweiten Hauptfläche, die aus einem Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist; einer ersten Überzugsschicht (3), die mit der ersten Hauptfläche der lichtemittierenden Schicht (2) verbunden und aus einem n-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist, dessen Zusammensetzung sich von derjenigen des Verbindungshalbleiters der lichtemittierenden Schicht unterscheidet; und einer zweiten Überzugsschicht (4), die mit der zweiten Hauptfläche der lichtemittierenden Schicht (2) verbunden und aus einem p-Typ-Verbindungshalbleiter auf Galliumnitridbasis gebildet ist, dessen Zusammensetzung sich von derjenigen des Verbindungshalbleiters der lichtemittierenden Schicht unterscheidet. Zur Verbesserung der Lumineszenzausbeute der Vorrichtung (1) ist die Dicke der lichtemittierenden Schicht (2) in der Nähe von Versetzungen (10) geringer als im übrigen Bereich ausgebildet.

FIG 1

1/1

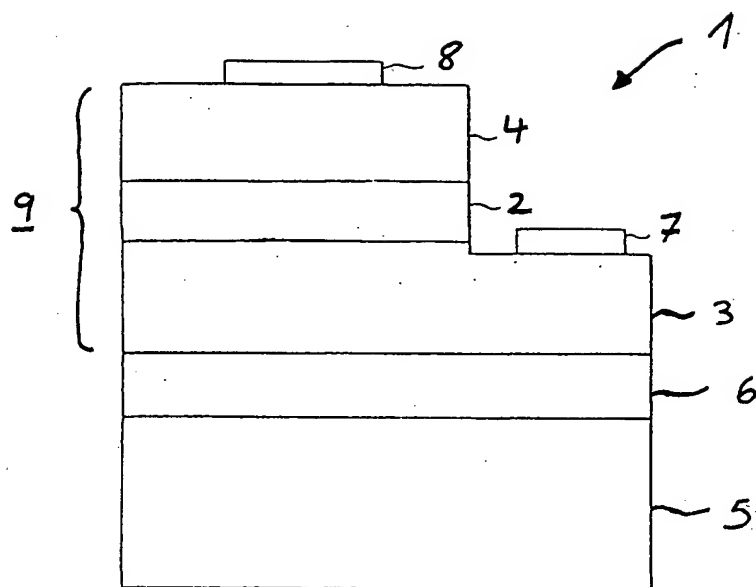


Fig. 1

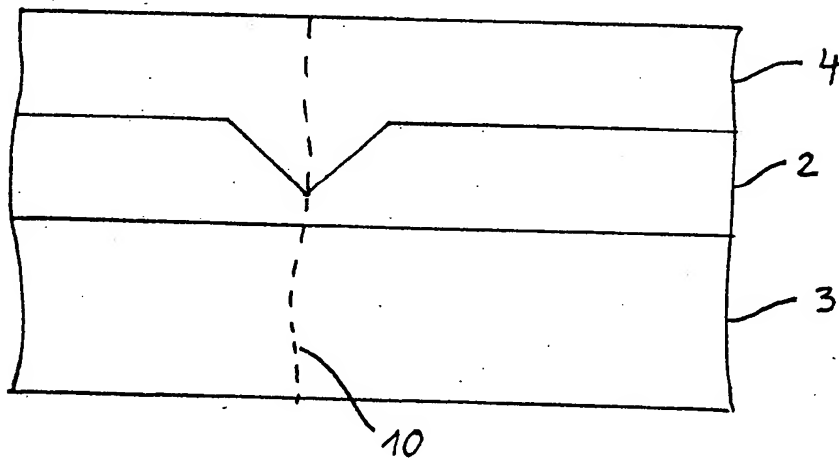
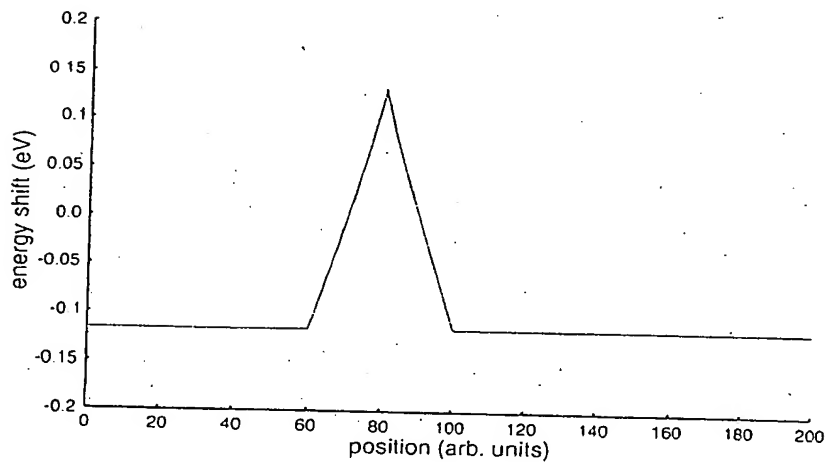


Fig. 2